

**Bibliographic Information**

**Process for preventing deposits caused by cement interactions in a construction dewatering system.** Wegmueller, Marcel Christian. (Switz.). Patentschrift (Switz.) (1999), 13 pp. CODEN: SWXXAS CH 689452 A 19990430 Patent written in German. Application: CH 98-864 19980415. CAN 132:127429 AN 2000:103009 CAPLUS (Copyright 2002 ACS)

**Patent Family Information**

<u>Patent No.</u>	<u>Kind</u>	<u>Date</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
CH 689452	A	19990430	CH 1998-864	19980415
EP 950641	A2	19991020	EP 1999-105768	19990322
EP 950641	A3	20000412		

R: AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, LU, NL, SE, MC, PT, IE, SI, LT, LV, FI, RO

**Priority Application Information**

CH 1998-864	19980415
-------------	----------

**Abstract**

Construction, such as building construction above ground and below ground, are dewatered using drainage systems which may be affected by the presence of cement, i.e., the high concn. of Ca and the basic character of the material. Carbon dioxide is neutralized, allowing calcium to ppt. out as CaCO<sub>3</sub>. This is prevented by periodically flooding the area with a conditioner such as polyasparaginic acid in solid form or aq. soln.



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑪ CH 689 452 A5

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>: C 02 F 005/10  
C 02 F 005/12  
C 02 F 005/14  
E 21 F 016/02

⑫ PATENTSCHRIFT A5

②① Gesuchsnummer: 00864/98

②② Anmeldungsdatum: 15.04.1998

②④ Patent erteilt: 30.04.1999

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 30.04.1999

⑦③ Inhaber:  
Marcel Christian Wegmüller, Bosenhaldenweg 28,  
4125 Riehen (CH)

⑦② Erfinder:  
Marcel Christian Wegmüller, Bosenhaldenweg 28,  
4125 Riehen (CH)

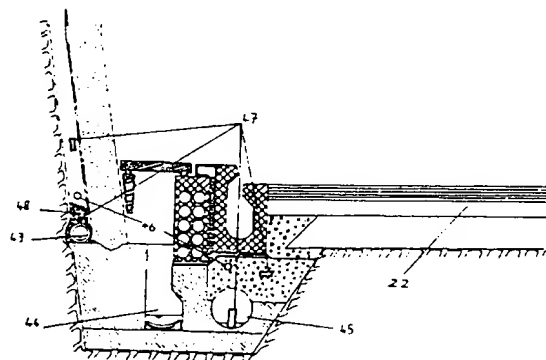
⑤④ Verfahren zur Verhinderung von zementbedingten Ablagerungen in einem Bauwerkse Entwässerungssystem.

⑤⑦ Bei der Entwässerung von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus fallen Sicker- und Grundwasser an, die einen hohen Gehalt an gelösten Wasserinhaltsstoffen aufweisen. Dabei spielen die zementgebundenen Baustoffe mit ihrem basischen Charakter und dem hohen Gehalt an  $\text{Ca}_2$  eine entscheidende Rolle. Die Kohlensäure wird durch die Base  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  neutralisiert und steht damit nicht mehr zur Lösung von  $\text{CaCO}_3$  zur Verfügung. Zudem enthält vor allem junger Beton in den Poren selbst viel leicht lösliches Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Beides führt schliesslich zu starker Ausfällung von  $\text{CaCO}_3$ . Diese vorwiegend anorganischen Wasserinhaltsstoffe verursachen in den wasserführenden Teilen der Entwässerungssysteme, wie z.B. Sickerleitungen, oft harte Ablagerungen. Diese Ablagerungen verkleinern den Abflussquerschnitt der Entwässerungssysteme, so dass die Wassermengen nicht mehr frei abfliessen können und dadurch ein Rückstau gebildet wird, der zu grossen Schäden führen kann.

Die zur Zeit üblichen Verfahren zum Entfernen dieser Ablagerungen sind: Die elektromechanische Reinigung sowie Hochdruckspülung oder Hochdruckfräsen mit Wasser. Diese Verfahren sind aufwendig, teuer und führen zu Betriebsunterbrüchen.

Ziel der Erfindung ist es, die Entstehung solcher Ablagerungen zu verhindern. Dazu wird über ein Verteilsystem

mit Dosieranlagen an einer oder mehreren Stellen des primären oder sekundären Entwässerungssystems ein Konditionierungsmittel, auf der Basis von Polyasparaginsäure, punktuell oder flächendeckend in wässriger oder fester Form zugegeben. Das Konditionierungsmittel vermischt sich auf dem nachfolgenden Fließweg mit dem anfallenden Wasser und verhindert, dass die gelösten Wasserinhaltsstoffe ausfallen und zu Ablagerungen führen.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von zementbedingten Ablagerungen in einem Bauwerkentwässerungssystem. Unter Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus versteht man Infrastrukturanlagen wie z.B. Gebäude, Hochbauten, Bahnhöfe, Flughafenanlagen, Strassen, Tunnelbauten, Stollen, Kavernen, Staumauern, Talsperren, Wasserkraftbauten, Erddämme, Stützmauern, Strassenbauten, Hangentwässerungsanlagen, Quelfassungen oder provisorische Baugruben.

Bei der Entwässerung von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus fallen Grund- und Sickerwässer an, die einen unterschiedlich hohen Gehalt an gelösten Wasserinhaltsstoffen aufweisen. Diese vorwiegend anorganischen Wasserinhaltsstoffe verursachen oft harte Ablagerungen. Die Problematik wird in der VSS-Forschungsarbeit Nr. 16/90 mit dem Thema «Versinterungen von Entwässerungsleitungen, Ursachen und Gegenmassnahmen» welche mit dem Schlussbericht im Januar 1996 abgeschlossen wurde, einfach und verständlich dargestellt. Im Schlussbericht wurden die Ergebnisse der Forschungsarbeit wie folgt zusammengefasst:

Als Hauptursachen von Versinterungen sind zu nennen:

- Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration ( $\text{CO}_2$ -Partialdruck) der Porenluft im Boden nimmt i.a. mit zunehmender Tiefe zu und damit steigt auch der Anteil der Kohlensäure ( $\text{H}^+$  und  $\text{HCO}_3^-$ ) im Wasser, sodass zusätzliches  $\text{CaCO}_3$  gelöst wird.

- Beim Kontakt des Grund- und Sickerwassers mit atmosphärischer Luft nimmt der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck i.a. wieder ab, d.h.  $\text{CO}_2$  entweicht aus dem Wasser in die Luft, sodass weniger  $\text{CaCO}_3$  in Lösung bleiben kann und ein Teil ausgefällt wird.

- Im Zusammenhang mit der Versinterung von Entwässerungssystemen spielen die zementgebundenen Baustoffe mit ihrem basischen Charakter und dem hohen Gehalt an  $\text{Ca}^{2+}$  eine entscheidende Rolle: Kohlensäure wird durch die Base  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  «neutralisiert und steht damit nicht mehr zur Lösung von  $\text{CaCO}_3$  zur Verfügung. Zudem enthält vor allem junger Beton in den Poren selbst viel leicht lösliches Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Beides führt schliesslich zu starker Ausfällung von  $\text{CaCO}_3$ » (Ende Auszug).

Es können demnach zwei grundsätzlich verschiedene Mechanismen für die Versinterungsbildung unterschieden werden. Einerseits entstehen Ablagerungen bei kalkübersättigtem Grund- und Sickerwasser, das sich auf natürliche Art mineralisiert hat, durch die Druckentlastung beim Eintritt in das Entwässerungssystem sowie durch den tieferen  $\text{CO}_2$ -Partialdruck und andererseits können Ablagerungen durch den Kontakt von Grund- und Sickerwasser mit zementgebundenen Baustoffen entstehen. Während die Ablagerungen, die durch natürliches, kalkübersättigtes Bergwasser entstehen, in ihrer Stärke, d.h. dem Schichtaufbau pro Jahr, konstant sind, verhält es sich bei zementbedingten Ablagerungen anders. Bei zementbedingten Ablagerungen entstehen die grössten Schichtstärken unmittelbar nach dem Betonieren oder Gunitieren der Bauwerksteile, also während der eigentlichen Bauphase. Die Ablagerungsstärke nimmt danach kontinuierlich ab, kann aber dennoch über Jahrzehnte hinweg Probleme bereiten. Dieser Umstand lässt sich damit erklären, dass zu Beginn, unmittelbar nach dem Betonieren oder Gunitieren des Bauteils, einerseits das Grund- und Sickerwasser viel mehr Calciumhydroxid aus dem Bauteil herauslösen kann und andererseits die pH-Wert-Erhöhung des Grund- und Sickerwassers durch den Kontakt mit dem Bauteil zu diesem Zeitpunkt am stärksten ist. Zahlreiche Analysen solcher zementbedingter Ablagerungen ergaben folgende Komponenten: 95–98%  $\text{CaCO}_3$ , 1–2%  $\text{SO}_2$ , 0,5%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0,2%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Für die Auslaugung zementgebundener Bauteile spielen die Alkalien Na und K, die hauptsächlich aus dem Erstarrungsbeschleuniger stammen, eine grosse Rolle. Seitens der Betontechnologie wird daher an einer besseren Auswahl der Betonzusatzstoffe, einer Minimierung der alkalihaltigen Beschleunigerzugabe und einer Optimierung der Betonzusammensetzung, zum Beispiel durch ein dichteres Gefüge, gearbeitet. Die Auslaugbarkeit sowie die pH-Wert-Erhöhung des Grund- und Sickerwassers lässt sich damit jedoch nur sehr begrenzt beherrschen.

Unabhängig von ihrer Bildungsart verkleinern diese harten, festhaftenden Ablagerungen die Abflussquerschnitte oder schliessen sie in Extremfällen ganz. In der Folge können die anfallenden Wassermengen nicht mehr frei abfliessen, und es bilden sich Rückstaus, die grosse Schäden verursachen können. Diese Ablagerungen vermindern die Funktionstüchtigkeit aller Teile eines Bauwerkentwässerungssystems. In Teilen des sogenannten primären Entwässerungssystems, wie beispielsweise den Sickergräben 32, Sickerschichten 33, Sanddrains 34, wie z.B. Sickeranlagen aus Sandlagen, Geodrains 35, wie z.B. Sickeranlagen aus Kunststoff oder Geotextilien, Drainagematten aller Art, sowie Drainagebohrungen im Fels 42, können Ablagerungen die Wirksamkeit der Entwässerung reduzieren oder ganz zerstören. Im primären Teil des Entwässerungssystems sind Unterhaltsarbeiten, wenn überhaupt, nur mit sehr hohem Aufwand möglich, wodurch aufwendige Sanierungsarbeiten oft die einzige Möglichkeit darstellen um die Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems wiederherzustellen. In den Bereichen des sekundären Entwässerungssystems wie z.B. den Sickerleitungen 13 mit durchlässiger Wandung, wie z.B. unverfügte, gelochte oder geschlitzte Rohre, Rigolen, Rinnen 27, Gräben 28, Abschlüsse 29, Schlamm-sammler 30, sowie Einlaufschächte 31, Sammelleitungen 21, die das gesamte, ihnen durch Sekundärleitungen zugeführte Grund- und Sickerwasser eines Abschnitts des Entwässerungssystems aufnehmen und ableiten, zudem Kontrollschächte 12 und Einlaufbauwerke 36 sind periodische Unterhaltsarbeiten

zum Entfernen dieser Ablagerungen, wegen der besseren Zugänglichkeit, möglich. Dennoch sind auch hier die periodischen Unterhaltsarbeiten aufwendig und erreichen nicht immer das gewünschte Resultat.

Die Schäden, die durch die Ablagerungsbildung in Bauwerkse Entwässerungssystemen entstehen können, reichen von unerwünschten Wasserinfiltrationen ins Bauwerksinnere, zu hohen Wasserdrücken auf die Bauwerksschale, Eisbildung auf Fahrbahnen, Vernässungen im Gewölbe verbunden mit der Gefahr von elektrischen Kurzschlüssen bei Bahntunneln und dergleichen. Zudem verringert der direkte Wasserkontakt generell die Dauerhaftigkeit der Bauwerke. Speziell bei jenen Bauwerken, deren Stabilität von der einwandfreien Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems abhängig sind, können Ablagerungen fatale Folgen haben.

Die zur Zeit gebräuchlichsten Verfahren zum Entfernen dieser Ablagerungen sind: die elektromechanische Reinigung mit Spezialwerkzeugen wie beispielsweise Kanalfemsehen verbunden mit Robotik, sowie Hochdruckspülen oder Hochdruckfräsen mit Wasser. Diese Verfahren sind kostspielig, arbeitsintensiv und führen oft zu unerwünschten Betriebsunterbrüchen. Sind diese Arbeiten, aus bautechnischen Gründen, nicht möglich oder erzielen nicht das gewünschte Resultat, so kann die Funktionstüchtigkeit meist nur mit aufwendigen Sanierungsarbeiten wiederhergestellt werden.

Seit langer Zeit sucht man deshalb nach einem Verfahren, das die Bildung dieser Ablagerungen reduziert oder verhindert. Die Vereinigung Schweizer Strassenfachleute (VSS) hat dazu einen Forschungsauftrag (VSS-Forschungsauftrag 16/90; Versinterung von Bauwerkse Entwässerungen) erteilt. In ihrem Schlussbericht vom Januar 1996 kommt die beauftragte Kommission zum Schluss, dass insbesondere die verwendeten Werkstoffe sowie deren Oberflächenbeschaffenheit die Wachstumsrate der Ablagerungen an den wasserführenden Teilen stark beeinflussen. Die Kommission schreibt in ihren Bericht, dass einzig konstruktive Massnahmen geeignet sind, die Bildung von harten Ablagerungen zu hemmen. Dazu empfiehlt sie, den Wasserabfluss möglichst ruhig zu halten und die wasserführenden Teile mit einer glatten Oberfläche zu versehen, um die Haftung der Ablagerungen zu verkleinern.

Die vorliegende Erfindung betrifft nun ein Verfahren zur Reduktion von zementbedingten Ablagerungen in einem Bauwerkse Entwässerungssystem, das dadurch gekennzeichnet ist, dass dem abzuführenden Sicker- oder Grundwasser ein spezielles Konditionierungsmittel, die Polyasparaginsäure, zugegeben wird. Die Polyasparaginsäure kann in jedem Verhältnis mit Wasser verdünnt und in dieser Form zum Grund- und Sickerwasser zugegeben werden. Dabei sind auch Gemische mit bekannten zur Zeit gebräuchlichen Härtestabilisatoren, Dispergatoren und Sequestermitteln geeignet. Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Dosieranlage (16), die zum Dosieren der Polyasparaginsäure in das Bauwerkse Entwässerungssystem dient. Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens mit einem Verteilsystem (4), das zur flächendeckenden Zugabe der Polyasparaginsäure in das primäre Bauwerkse Entwässerungssystem dient. Zudem betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Mittel zur Durchführung des Verfahrens mit Depotsteinen (47), die zur Zugabe des Konditionierungsmittels in das primäre und sekundäre Bauwerkse Entwässerungssystem dienen. Die Depotsteine bestehen aus Polyasparaginsäure in fester Form und einer geeigneten Trägersubstanz, wie z.B. der Laurinsäure, die ein zu rasches Auflösen der Steine verhindert und eine kontinuierliche Zugabe des Konditionierungsmittels zum Grund- und Sickerwasser gewährleistet.

Durch die Zugabe der Polyasparaginsäure zum zu behandelnden Wasser kann einerseits das Aufwachsen der Kristallkeime behindert und zudem die entstehenden Kalkkristalle dispergiert werden. Bei richtiger Anwendung dieses Verfahrens wird dadurch die Bildung von harten Ablagerungen unmöglich. Die Verhinderung der Ablagerungsbildung durch die Zugabe von Polyasparaginsäure zum Grund- und Sickerwasser wirkt dabei in einem pH-Bereich von 4 bis 12,5. Insbesondere wenn der pH-Wert des Grund- und Sickerwassers über 8,5 steigt, was für die Bildung von zementbedingten Ablagerungen charakteristisch ist, verhindert die Polyasparaginsäure ohne nennenswerten Wirkungsabfall die Bildung von Ablagerungen.

Alle herkömmlichen Konditionierungsmittel für wässrige Systeme insbesondere Härtestabilisatoren wie beispielsweise N-haltige Phosphonate, insb. Aminoalkylenphosphonsäuren, Phosphonocarbonsäuren, Polyoxycarbonsäuren, deren Copolymere, Bernsteinsäureamid, Polysaccharide, Proteine, oxydierte Kohlehydrate, Silikate, wie Alkalisilikate oder Dispergatoren wie Polyacrylate, Polymethacrylate, Copolymere von Acrylsäure bzw. Methacrylsäure und Acrylamid, Polyacrylamide, sulfomethylierte oder sulfoäthylierte Polyacrylamide, Copolymere bzw. Terpolymere mit Acrylsäure und Maleinsäureester, Maleinsäureanhydrid-Polymere und Copolymere verlieren bei pH-Werten > 8,5 kontinuierlich ihre Wirksamkeit bei der Verhinderung von Ablagerungen. Alle aufgeführten Konditionierungsmittel erzielen positive Resultate bei Verhinderung von Ablagerungen die durch kalkübersättigtes, natürliches Bergwasser entstehen, d.h. in einem pH-Bereich des Grund- und Sickerwassers von 4 bis 8,5. Sie versagen aber alle bei zementbedingten Ablagerungen, wobei hier der pH-Wert des Grund- und Sickerwassers über 8,5 steigt. Natürliches Bergwasser kann nur in äusserst seltenen Fällen z.B. Bergwasser in Granitzonen verbunden mit einer sehr schwachen Mineralisation d.h. einer elektrischen Leitfähigkeit unter 400 µs/cm, pH-Werte über 8,5 erreichen. Im Normalfall weisen Grund- und Sickerwässer einen pH-Wert deutlich unter 8,5 auf. Zementbedingte Ablagerungen entstehen nur dann, wenn der pH-Wert des Grund- und Sickerwassers durch den direkten Kontakt mit dem alkalischen Baustoff über 8,5 verschoben wird. Während der Bauphase sind pH-Werte des Grund- und Sickerwassers über 11 die Regel und können noch Jahre

nach der Bauvollendung weit über 10 liegen. Der Einsatz der Polyasparaginsäure als Konditionierungsmittel hat aber noch weitere Vorteile. So ist die Wirksamkeit der Polyasparaginsäure gegenüber den herkömmlichen Konditionierungsmitteln auch bei der Ablagerungsverhinderung von natürlichem, kalkgesättigtem Bergwasser d.h. bei pH-Werten des Grund und Sickerwassers unter 8,5 deutlich besser. Zum anderen ist die Polyasparaginsäure vollständig biologisch abbaubar und kann, entgegen allen herkömmlichen Konditionierungsmitteln, in die Wassergefährdungsklasse 0 eingestuft werden.

Mit genauer Kenntnis der anfallenden Wassermenge und des zugehörigen Wasserchemismus lässt sich die geeignete Menge an Konditionierungsmittel berechnen, die notwendig ist, um die Bildung von Ablagerungen in einem Entwässerungssystem zu verhindern. Gegebenenfalls lässt sich diese Menge auch empirisch bestimmen.

Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Zeichnungen für ein Beispiel und einen Vergleichsversuch näher erläutert werden.

Figur 1

Fig. 1 zeigt den schematischen Querschnitt eines Strassentunnels im Fels, der zur Durchführung des Verfahrens geeignet wäre. Die Darstellung entspricht einem Schnitt auf der Höhe der Linie B-B der Fig. 2. Diese Darstellung gehört zum Beispiel 1 und 2. Die Darstellung enthält das Grund- und Sickerwasser 1, den anstehenden Fels 2, die Ringspalthinterfüllung 3, das Verteilsystem 4, die Kunststoffabdichtung 5, den Innenring 6, das Lichtraumprofil 7, die Gewölbedrainage 8, die in periodischen Abständen in die Rigole 11 geführt wird, ein Betonelement 9, den Sohlbübbing 10, die Kontrollschächte 12, die Halterung der Dosieranlage 14, die Halterung des Vorratsbehälters 15, die Dosieranlage 16, die Dosierleitung 17, den Vorratsbehälter (Konditionierungsmittel) 18, den vergrößerten Kontrollschacht beim Tunnelportal 19, einen Messüberfall oder eine vergleichbare Installation 20, die Sammelleitung 21, die Kabelverbindung 23, den Vorfluter 24, die Geleiseschwellen 25, und das Drainagevlies 26.

Figur 2

Fig. 2 zeigt die schematisch vereinfachte Darstellung der Tunnelentwässerung anhand eines Schnittes auf Höhe der Linie A-A der Fig. 1. Diese Darstellung gehört zum Beispiel 1 und 2.

Figur 3

Fig. 3 zeigt die schematische Darstellung der zur Zeit gebräuchlichsten Elemente von Entwässerungssystemen. Diese Darstellung gehört zum Beispiel 1 und 2.

Figur 4

Fig. 4 zeigt die schematische Darstellung der zur Zeit gebräuchlichsten Elemente von Entwässerungssystemen anhand eines Schnittes auf Höhe der Linie A-A der Fig. 3. Diese Darstellung gehört zum Beispiel 1 und 2.

Fig. 3 enthält zusammen mit der Fig. 4 alle wesentlichen Elemente, die ein Entwässerungssystem beinhalten kann. Die Elemente der Oberflächenentwässerung (sekundäres Entwässerungssystem) sind: Rinnen 27, Gräben 28, Abschlüsse 29, Schlammstammler 30 sowie Einlaufschächte 31. Die Elemente der Drainagen (primäres Entwässerungssystem) sind Sickergräben 32, Sickerleitungen 13 mit durchlässiger Wandung, wie z.B. unverfugte, gelochte oder geschlitzte Rohre, Rigolen, Sickerschichten 33, Sanddrains 34, wie z.B. Sickeranlagen aus Sandlagen, Geodrains 35, wie z.B. Sickeranlagen aus Kunststoff wie Drainagevliese, Noppenfolien oder Geotextilien, sowie Drainagebohrungen im Fels 42. Die Elemente der Kanalisation (sekundäres Entwässerungssystem) sind Sammelleitungen 21, die das gesamte, ihnen durch Sekundärleitungen zugeführte Grund- und Sickerwasser eines Abschnitts des Entwässerungssystems aufnehmen und ableiten, zudem Kontrollschächte 12 und Einlaufbauwerke 36. Die Elemente der Rückgabebauwerke sind Auslaufbauwerke 37, Rückhaltebecken 38, Versickerungsanlagen 39, Regenüberlauf 40 und Ölabscheider 41.

Figur 5

Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch den N 13 Isla-Bella Strassentunnel in der Schweiz im Bereich der Gehwegkonsole. Die Darstellung zeigt den Aufbau der verschiedenen Entwässerungsleitungen in diesem Strassentunnel. Diese Darstellung gehört zum Vergleichsversuch (Beispiel 2) und zum Beispiel 3. Die Darstellung enthält die Fahrbahnplatte 22, die Isolationssickerleitung 43, die Transportleitung 44 und die Drainageleitung 45, einen schematischen Schnitt durch das Verteilsystem 46 in den primären Entwässerungssystemen, die Depotsteine 47 und die Sickerschicht der Isolationssickerleitung 48.

## Beispiel 1:

## Verfahren zur Konditionierung des Grund- und Sickerwassers

Im ersten Beispiel nach Fig. 1 und Fig. 2 erfolgt die Zugabe des Konditionierungsmittels über eine Dosieranlage 16 und eine Einspeisleitung 17 aus Kunststoff in den nächstgelegenen Schacht 12 der Rigole 11. Die Zugabe kann auch gleichzeitig über eine identische, zweite Einspeisleitung 17 und ein nachfolgendes Verteilsystem 4, analog einer Sprinkleranlage, punktuell oder flächenhaft in das primäre Entwässerungssystem erfolgen. Das Konditionierungsmittel wird in wässriger Form in das Entwässerungssystem eingespiessen.

Die Menge des Mittels richtet sich nach der Menge und dem Chemismus des anfallenden Bergwassers.

Zur Bestimmung des Chemismus des anfallenden Bergwassers sollten an verschiedenen Standorten über die Tunnelachse verteilt Wasserproben direkt vor Ort, beispielsweise aus Bohrlöchern entnommen werden. Die chemische Analyse sollte mindestens die folgenden Angaben liefern: Gesamthärte °dH, Carbonathärte °dH, m-Wert, Ca-Härte °dH, elektrische Leitfähigkeit µs/cm, pH-Wert, Sulfat mg/l, Chlorid mg/l, Natrium mg/l. Aus diesen Angaben lässt sich ein Stabilitätsindex nach Ryznar berechnen, der die Grundlage für die minimal notwendige Dosierung des Mittels bildet. Für hartes Bergwasser mit einer Gesamthärte von 40 °dH und einer Carbonathärte von 20 °dH empfiehlt sich auf diese Weise eine Dosierung von ca. 2 g Konditionierungsmittel pro m<sup>3</sup> der Marke SAP 73, auf der Basis von Polyasparaginsäure. Das Produkt SAP 73 ist im Handel bei der Firma Ingenieurbüro M. Wegmüller GmbH, in CH-4125 Riehen, erhältlich. Für andere Konditionierungsmittel ist die Menge fallweise zu berechnen.

Zur optimalen Verteilung des Konditionierungsmittels empfiehlt sich eine Vorverdünnung mit Brauch- oder Trinkwasser. Eine Vorverdünnung oder separate Zugabe von Brauch- oder Trinkwasser ist zudem erforderlich, wenn zu Beginn der Rigole ein Streckenabschnitt ohne steten Zufluss von Bergwasser ansteht und dadurch die Rigole zumindest teilweise trocken liegt. Eine Verdünnung ist auch dann sinnvoll, wenn das Konditionierungsmittel flächenhaft mit dem Verteilsystem 4, in das primäre Entwässerungssystem eingespiessen werden soll, denn hier wird nicht immer überall fließendes Sicker- oder Grundwasser für eine gute Verteilung und Vermischung des Mittels sorgen. In diesen Fällen kann die Dosieranlage 16 mit einem Brauch- oder Trinkwasseranschluss ausgestattet werden, damit das Konditionierungsmittel in jedem beliebigen Verhältnis mit Brauchwasser verdünnt und danach in das primäre oder sekundäre Entwässerungssystem eingespeist werden kann. Natürlich kann die Zugabe des Brauch- und Trinkwassers auch über separate Verteilleitungen erfolgen. Bei starken Schwankungen der anfallenden Sicker- und Grundwassermenge lohnt es sich, wenn die Dosieranlage 16 in Abhängigkeit von der anfallenden Wassermenge am Ende eines bestimmten Teilabschnitts oder des gesamten Entwässerungssystems gesteuert ist.

Am Ende der Tunnelentwässerung befindet sich in der Mehrzahl solcher Entwässerungssysteme ein vergrößerter Kontrollschacht 19. Hier wird die anfallende Menge Bergwasser in den Entwässerungskanal 21 umgeleitet und – wie in Fig. 2 dargestellt – einem Vorfluter 24 zugeleitet.

Im Entwässerungskanal 21 kann an geeigneter Stelle ein Messüberfall 20 oder eine vergleichbare Installation angebracht werden, die es ermöglicht, die durchfließende Wassermenge in periodischen Abständen zu ermitteln und über eine Kabelverbindung 23 an die Dosieranlage 16 weiterzuleiten. Damit wird erreicht, dass die Dosieranlage 16 zu jedem Zeitpunkt genau jene Menge Konditionierungsmittel in das Entwässerungssystem einspeist, die nötig ist, damit am Ende der Entwässerungsleitung die im Wasser enthaltene Produktkonzentration den vorgegebenen Soliwert erreicht.

Das Verteilsystem 4, zur Zugabe des Konditionierungsmittels, kann aus einzelnen Dosierleitungen mit mehreren Zugabeöffnungen, die bei Bedarf mit Dosierventilen bestückt sind, versehen sein. Zudem kann das Verteilsystem 4 aus installationstechnischen Gründen direkt mit der Kunststoffdichtungsbahn 5, oder mit einem Drainagevlies 26 verbunden sein. Die Installation eines flächendeckenden Verteilsystems ist recht aufwendig und lohnt sich nur in jenen Zonen in denen mit massiver Ablagerungsbildung zu rechnen ist. Das Verteilsystem lässt sich mit vernünftigem Aufwand fast nur bei Neubauten realisieren, da bei bestehenden Bauwerken das primäre Entwässerungssystem in der Regel nicht zugänglich ist.

## Beispiel 2:

## Vergleichsversuch mit natürlichem kalkübersättigtem Bergwasser

Im Nationalstrassentunnel Isla-Bella der N 13 wurde im Laufe des Jahres 1994 ein Versuch zur Reduktion von Ablagerungen in einer der Entwässerungsleitungen (rechte Transportleitung bei Blickrichtung Chur) durchgeführt. Seit dem Bau dieses Tunnels bilden sich in dieser Entwässerungsleitung pro Jahr bis zu 2 cm dicke, harte Ablagerungsschichten, die mit äusserst aufwendigen Unterhaltungsmethoden periodisch entfernt werden müssen. Um diese und andere Unterhaltsarbeiten durchführen zu können, wird der Strassentunnel während 2 Wochen pro Jahr nachts für den Verkehr gesperrt. In der Fig. 5 ist ein Schnitt durch den Isla-Bella Strassentunnel im Bereich der Gehwegkonsole mit den verschiedenen Entwässerungsleitungen dargestellt. Die Isolationsickerleitung 43 sammelt das hinter der Isolation anfallende Bergwasser und leitet es in periodischen Abständen über einen Schacht der Transportleitung

44 zu. Die Drainageleitung 45 unter dem Fahrbahnrandabschluss war für den Versuch ohne Bedeutung. Der dargestellte Aufbau des Strassenquerschnitts hat sowohl für die rechte wie auch die linke Tunnelseite Gültigkeit. Zur Bestimmung der Versuchsparameter wurden aus dem Strassentunnel an verschiedenen Stellen Wasser- und Ablagerungsproben entnommen. Die chemischen Analysen der Wasserproben ergaben folgende Resultate:

Entnahmeort der Wasserproben:

- Nr. 1: Ende der Transportleitung, vor dem Nordportal (max. Bergwassermenge).  
 Nr. 2: Mitte der Transportleitung, in Tunnelmitte (mittlere Bergwassermenge).  
 Nr. 3: Beginn der Transportleitung (Südportal), nahe der Dosieranlage (min. Bergwassermenge)

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
pH	7,6	7,6	7,7
Elektr. Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	704	692	680
m-Wert ( $K_s$ 4,3/ $\text{mmol}/\text{l}$ )	5,7	6,0	6,8
Ca-Härte ( $^\circ\text{dH}$ )	10,9	12,3	13,1
Eisen ( $\text{mg}/\text{l}$ )	0,05	0,04	0,03
Sulfat ( $\text{mg}/\text{l}$ )	90	55	108
Stabilitätsindex nach Ryznar	6,8	6,6	6,5
Sättigungsindex nach Langelier	0,4	0,5	0,5

Die chemischen Analysen von vier Ablagerungsproben (Probennummer 1–4), die in zunehmender Distanz vom Südportal der Transportleitung entnommen wurden, ergaben folgende Werte (in %):

Probennummer	1	2	3	4
Glühverlust (bei $900^\circ\text{C}$ )	43,8	43,2	43,3	43,5
Kieselsäure ( $\text{SiO}_2$ )	0,4	0,7	0,2	0,7
Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,24	0,65	0,49	0,47
Calciumoxid ( $\text{CaO}$ )	50,7	51,2	51,2	53,5
Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ )	0,6	0,8	0,7	0,9

Diese Analysen liessen folgende Aussagen zu: Die Ca-Härte des Sickerwassers ist am Ende des Tunnels deutlich niedriger als in der Tunnelmitte (die Differenz von  $1^\circ\text{dH}$  entspricht einer Abscheidung von ca.  $18\text{ g CaCO}_3$  pro  $\text{m}^3$  Bergwasser). Alle Ablagerungsproben zeigen deutlich die fast ausschliessliche Bildung von  $\text{CaCO}_3$  an. Daneben fanden sich geringe Mengen an Magnesium- und Eisen-salzen sowie etwas Silikat. Schwerlösliche Phosphat- und Sulfatverbindungen fanden sich nicht. Der jeweilige Ryznar-Index lag oberhalb von 6,0. Danach neigt das vorliegende Wasser nur schwach zu Ablagerungen. Der Langelier-Index zeigte dagegen Werte  $> 0$  an. Hier wurde die Bildung von Calciumablagerungen deutlich. Auf Grund dieser Resultate wurde die Versuchsanordnung bestimmt. Ab Südportal steigt die Fahrbahn im Tunnel (und damit verbunden auch die beiden Transportleitungen) auf den ersten ca. 300 Metern an. Danach folgt ein Längsgefällewechsel, der den Bergwasserabfluss bis zum Nordportal bestimmt. Unterhalb des rechten und linken Gehwegs befindet sich je eine Transportleitung 44, die das über die Isolationssickerleitung 43 anfallende Bergwasser aufnimmt und in Richtung Nordportal ableitet. Nach dem Längsgefällewechsel wurde in der ersten Nische auf der rechten Seite (Blickrichtung Chur) eine Dosieranlage installiert. Die Dosieranlage bestand aus einem GFK-Wandgehäuse mit einer Dosierpumpe, einer Sauglanze, einem Dosierventil, einer Zeitsteuerung, einer Dosierüberwachung sowie einer Alarmierung bei fehlender Dosierung. Die Einspeisung des Konditionierungsmittels erfolgte von der Dosieranlage über einen Polyäthylen-Schlauch in den nächstgelegenen Einlaufschacht. Damit sollte das über die Isolationssickerleitung 43 in die Transportsickerleitung 44 zufließende Bergwasser bis zum Austritt aus dem Tunnel beim Nordportal stabilisiert werden. Die am Ende der Transportleitung (Nordportal) anfallende Bergwassermenge auf der rechten Tunnelseite betrug rund  $10\text{ l}/\text{sec}$ . Mit dieser Menge und den bereits erwähnten Faktoren wurde die gewählte Dosiermenge bestimmt. Dabei kommt die folgende Formel zur Anwendung, in der  $M$  = Menge Nalco 77320® (in ppm) und  $\text{SR}$  = Stabilitätsindex nach Ryznar ist; sie gilt für  $3 < \text{SR} < 7$  und für Grund- und Sickerwässer:

$$M = \frac{e(7,5 - SR)}{2} + 4$$

2

5

Während 40 Tagen wurde die konstante Menge von 6,3 g Konditionierungsmittel pro m<sup>3</sup> in Tropfen in die rechte Transportleitung eingespeist. Parallel dazu blieb die linke Transportleitung unbehandelt. Als Konditionierungsmittel wurde ein Gemisch aus Na-Salzen von Polycarbonsäuren (Nalco 77320®) verwendet. Zeitgleich mit dem Versuchsbeginn (Dosierbeginn) wurden zur Kontrolle der Wirkung in periodischen Abständen von ca. 250 Metern insgesamt 14 Zementsteine (Abmessungen 10 × 10 × 25 cm) in die Schächte beider Transportleitungen ausgelegt. Nach 40 Tagen wurden die Zementsteine aus den Schächten entfernt und qualitativ auf neugebildete Ablagerungen untersucht. Parallel dazu wurden an den gleichen Stellen Wasserproben entnommen und chemisch analysiert. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Resultate:

15

	Nummer des Zementsteins; Entfernung bis Sammelschacht beim Nordportal	Chemische Analyse der Wasserproben aus der linken Transportleitung (ohne Dosierung)	Chemische Analyse der Wasserproben aus der rechten Transportleitung (mit Dosierung)	Qualitative Beurteilung der Ablagerungen auf den Zementsteinen aus der linken Transportleitung (ohne Dosierung)	Qualitative Beurteilung der Ablagerungen auf den Zementsteinen aus der rechten Transportleitung (mit Dosierung)
20					
25	Nr. 1 ca. 1500 m	ohne Nalco 77320 Ca-Härte 13,1 °dH	Nalco 77320 15 mg/l Ca-Härte 13,1 °dH	keine sichtbaren Ablagerungen	keine sichtbaren Ablagerungen
	Nr. 2 ca. 1250 m			rote Verfärbungen	rote Verfärbungen
30	Nr. 3 ca. 1000 m			rote Verfärbungen	rote Verfärbungen
	Nr. 4 ca. 750 m	ohne Nalco 77320 Ca-Härte 11,8 °dH	Nalco 77320 15 mg/l Ca-Härte 12,7 °dH	hellrote, weiche Ablagerungen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeit verursacht werden	dunkelrote, weiche Ablagerungen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeit verursacht werden
35					
	Nr. 5 ca. 500 m	ohne Nalco 77320 Ca-Härte 11,9 °dH	Nalco 77320 11 mg/l Ca-Härte 13,1 °dH	hellrote, weiche Ablagerungen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeit verursacht werden	dunkelrote, weiche Ablagerungen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeit verursacht werden
40					
	Nr. 6 ca. 250 m			hellrote, harte Ablagerungen 1,5–2 mm stark	dunkelrote, weiche Ablagerungen, die infolge geringer Fließgeschwindigkeit verursacht werden
45					
50					
	Nr. 7 ca. 50 m	ohne Nalco 77320 Ca-Härte 11,0 °dH	Nalco 77320 8 mg/l Ca-Härte 13,2 °dH	hellrote, harte Ablagerungen 1,5–2 mm stark	lediglich rote Verfärbungen, da hier die Fließgeschwindigkeit deutlich höher liegt
55					

Die Wirkung wird deutlich sichtbar, wenn man die an den verschiedenen Bergwasserproben gemessenen Ca-Härten betrachtet. In der linken Transportleitung (ohne Zugabe von Konditionierungsmittel) sinkt die Ca-Härte des Bergwassers von den ursprünglich im Bergwasser gelösten rund 13 °dH auf 11,8 °dH bei der Tunnelmitte ab. Danach steigt die Härte geringfügig auf 11,9 °dH (500 Meter vor dem Ende der Transportleitung) und fällt danach nochmals deutlich auf 11,0 °dH (50 Meter vor dem Ende der Transportleitung) im Bereich des Nordportals. Gerade in diesem Bereich wird der Abfall der Ca-Härte durch die 1,5–2 mm starken, harten Kalk-Ablagerungen auf den Zementsteinen, die während 40 Tagen in der linken Transportleitung lagerten, bestätigt.

65



In der rechten Entwässerungsleitung (mit Zugabe von Konditionierungsmittel) lagen die im Bergwasser gemessenen Ca-Härten mit 12,7 °dH, 13,1 °dH und 13,2 °dH deutlich höher. Am Ende der Versuchsstrecke beim Zementstein Nr. 7 betrug die Differenz der Ca-Härten des Bergwassers in der rechten und linken Transportleitung 2 °dH. Dies bedeutet, dass es mit der in diesem Beispiel beschriebenen Zugabe von Konditionierungsmittel gelungen ist, die Bildung von harten Ablagerungen in der rechten Transportleitung in der Grössenordnung von 36 g CaCO<sub>3</sub> pro m<sup>3</sup> anfallendem Bergwasser zu verhindern. Mit der Zugabe von 6,3 g Nalco 77320® pro m<sup>3</sup> in die rechte Transportleitung wurde beim Zementstein Nr. 7 eine Produktkonzentration von 8 mg/l Bergwasser erreicht. In den nachfolgenden Jahren konnte die Produktkonzentration beim Zementstein Nr. 7 auf 2 mg Nalco 77320® pro m<sup>3</sup> gesenkt werden, ohne dass die Bildung von harten Ablagerungen eingesetzt hat. Um einen direkten Vergleich der Wirksamkeit der herkömmlichen Konditionierungsmittel wie dem angegebenen Nalco 77320® und dem neuentwickelten SAP 73, auf der Basis von Polyasparaginsäure zu erhalten wurde im Jahre 1997 ein zweiter Versuch durchgeführt. Anstelle des alten Mittels Nalco 77320® wurde das neue Mittel SAP 73 über die Dosieranlage in unterschiedlichen Konzentrationen zum Grund- und Sickerwasser der Transportleitung zugegeben. Dabei zeigte sich, dass die notwendige Produktkonzentration an SAP 73 im anfallenden Grund- und Sickerwasser die notwendig ist um die Neubildung der Kalkablagerungen dauerhaft und wirksam zu verhindern nur rund 1 g pro m<sup>3</sup> Grund- und Sickerwasser beträgt. Zudem ist die Belastung des Umweltkompartiments Wasser durch das neue Produkt, insbesondere die zusätzliche CSB-Belastung, deutlich geringer als beim herkömmlichen Härtestabilisator. Ein weiterer Vorteil des neuen Produktes liegt in der wesentlich geringeren Zähflüssigkeit, wodurch bei tiefen Temperaturen um null Grad Celsius, die erforderlichen technischen Installationen zur konstanten Dosierung des Mittels, deutlich reduziert werden können. Das Amt für Umweltschutz des Kanton Graubünden hat, aufgrund dieser Resultate, die Verwendung des neuen Mittels SAP 73, sowohl für neue wie auch für alle bestehenden Härtestabilisationsanlagen für Bauwerksentwässerungssysteme, zwingend vorgeschrieben.

### Beispiel 3: Anwendung der Depotsteine

In der Fig. 5 ist der Nationalstrassentunnel Isla-Bella der N 13 im Schnitt dargestellt. Zum Schutz der Isolationssickerleitung vor der Bildung von harten Ablagerungen kann, wie bereits ausgeführt, ein Konditionierungsmittel in flüssiger Form zugegeben werden. Dieses Verfahren erfordert aber bei sachgerechter Handhabung eine Dosieranlage mit entsprechender Ausrüstung. Bei der Vielzahl der Isolationssickerleitungen in einem Nationalstrassentunnel, im Schnitt > 100 Stück, wird der Aufwand für die Installation der Anlagen innert Kürze recht gross, weshalb hier eine einfachere Lösung gefunden werden musste. Auf der Suche nach Alternativen anbot sich die Lösung mittels sogenannten Depotsteinen 47. Es handelt sich dabei um Konditionierungsmittel in fester Form, die bei Kontakt mit Sicker- oder Grundwasser in der notwendigen Konzentration in Lösung gehen und dadurch das nachfolgende Entwässerungssystem vor der Bildung von harten Ablagerungen schützen. Die Löslichkeit von reinen Konditionierungsmitteln, wie beispielsweise Polycarbonsäuren oder Polyasparaginsäuren durch benetzendes Sicker- oder Grundwasser ist viel zu hoch und muss begrenzt werden, da sonst zu viel Konditionierungsmittel verbraucht wird, was einerseits unwirtschaftlich und andererseits nicht umweltverträglich ist. Zur Lösung dieses Problems vermischt man ein Konditionierungsmittel in fester Form mit einem geeigneten Trägermaterial, wie beispielsweise Laurinsäure und dergleichen und erhält daraus einen Depotstein 47. Dabei muss beachtet werden, dass das Trägermaterial umweltverträglich ist. Sehr gute Depotsteine 47 lassen sich herstellen, indem man 10 Massen% Laurinsäure mit 90 Massen% Polycarbonsäure oder Polyasparaginsäure in fester Form vermischt. Die Mischung kann, bei einer Herstellungstemperatur von rund 40°C, in Formen gegossen oder bei normalen Herstellungstemperaturen um die 20°C, zu ca. 2 cm grossen Tabletten gepresst werden. Die Formen und die Tabletten können je nach Wassermenge und Wasserchemismus in durchlässige Säcke (Netze) abgepackt und im Entwässerungssystem deponiert werden. Die Depotsteine 47 bieten den grossen Vorteil, dass ein Schutz des Entwässerungssystems auch dann erreicht wird, wenn dieses zeitweise trocken liegt. Zudem kann der notwendige Vorrat an Depotsteinen 47 durch periodische Nachfüllungen stets aufrechterhalten werden. Grundsätzlich lassen sich die Depotsteine 47 natürlich überall im Entwässerungssystem einsetzen. Bei Neubauten können die Depotsteine 47 direkt im primären Entwässerungssystem eingesetzt und über Zugangsöffnungen nachgefüllt werden. Die Depotsteine 47 eignen sich besonders bei den Stellen, wo die anfallenden Wassermenge nicht sehr gross ist, d.h. unter 2 l/s oder das Entwässerungssystem zeitweise trocken liegt. Während dieser Trockenperiode bleibt der Depotstein an Ort und behält sein Wirkungspotential über Monate, ohne dabei wesentlich an Substanz zu verlieren. Enthalten die Depotsteine herkömmliche Härtestabilisatoren, Dispergatoren oder Sequestriermittel so eignen sie sich nur gegen die Neubildung von Ablagerungen die durch natürliches kalkübersättigtes Bergwasser entstehen. Enthalten die Depotsteine aber Polyasparaginsäure, lassen sie sich speziell gut bei zementbedingten Ablagerungen einsetzen. Gerade in der Bauphase tragen Depotsteine mit Polyasparaginsäure dazu bei, in die Zeitspanne mit der stärksten Ablagerungstendenz, die Neubildung der Ablagerungen zu verhindern. Die Depotsteine können auch vorgängig mit anderen Baumaterialien, meist maschinell, verbunden und in das Bauwerk eingebaut werden. Für diese Kombination eignen sich Drainagevliese, Noppenfolien, Kunststoff-

halbschalen zur direkten Wasserableitung, Kunststoffdichtungsbahnen und dergleichen. Grundsätzlich sollte man versuchen, das anfallende Grund- und Sickerwasser unmittelbar beim Austritt aus dem Fels zu konditionieren. Wegen der Vielzahl der Wassereintrittsstellen ist dies aus finanziellen Gründen nicht immer möglich und zudem bewegen sich die Wassereintrittsstellen im Laufe der Zeit, wodurch festinstallierte Anlagen ihre Wirkung verlieren würden. Deshalb sind flächendeckende Massnahmen zum Schutze des primären Entwässerungssystems im allgemeinen sinnvoller.

#### Beispiel 4:

#### Vergleichsversuch mit zementbeeinflusstem Grund- und Sickerwasser

Die Versinterung der Entwässerungsleitungen des Tunnels Mühlberg der Deutschen Bahn AG durch zementbedingte Ablagerungen beeinträchtigen die Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems. Der periodische Unterhalt dieser Leitungen ist sehr arbeitsintensiv und erfordert bis zu 200 Arbeitsschichten pro Jahr und ist entsprechend teuer. Am 8. Februar 1996 wurde durch das Landratsamt Main Spessart die Erlaubnis für einen Versuch zur Konditionierung des Grund- und Sickerwassers des Tunnel Mühlberg mit dem herkömmlichen Konditionierungsmittel Nalco 77320® erteilt. Die Zugabe des Härtestabilisators Nalco 77320® erfolgte wiederum über eine Dosieranlage, die in der Mitte des Tunnels, in einem Verbindungsstollen, installiert wurde. Über diese Dosieranlage wurde das Konditionierungsmittel in unterschiedlichen Mengen zum Grund- und Sickerwasser beider Transportleitungen zugegeben. Im ersten Teil der konditionierten Strecke wurden pH-Werte des Grund- und Sickerwassers unter 9 gemessen. In diesem Abschnitt des Tunnels konnte die Neubildung der Kalkablagerungen eindeutig verhindert werden. Gegen das Nordende des Mühlbergtunnels erhöht sich jedoch der pH-Wert des Grund- und Sickerwassers und erreicht ca. 700 m vor dem Nordportal mit pH-Werten über 11 das Maximum. Auf den nachfolgenden 700 Metern bis zum Nordportal treten denn auch die massivsten, weissen Kalkablagerungen mit Wachstumsgeschwindigkeiten von 40 cm pro Jahr auf. Trotz der hohen Dosiermittelkonzentration von gegen 20 g Nalco 77320® pro m<sup>3</sup> anfallendem Grund- und Sickerwasser konnte die Neubildung der zementbedingten Ablagerungen in keiner Weise reduziert oder gar verhindert werden. In einer zweiten Versuchsphase von Januar bis Ende März 1998 wurde mit dem neuentwickelten SAP 73, auf der Basis von Polyasparaginsäure, ein wesentlich besseres Resultat erzielt. Schon die relativ geringe Konzentration von 4 g SAP 73 pro m<sup>3</sup> anfallendem Grund- und Sickerwasser konnte die Neubildung der natürlichen und zementbedingten Ablagerungen deutlich verhindern und zwar auch an jenen Stellen, bei denen der pH-Wert des Grund- und Sickerwassers deutlich über 11 lag.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verhinderung von zementbedingten Ablagerungen in einem Bauwerksentwässerungssystem, dadurch gekennzeichnet, dass dem abzuführenden Sicker- oder Grundwasser Konditionierungsmittel zugegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Konditionierungsmittel dem Grund- oder Sickerwasser in dem primären und/oder sekundären Bauwerksentwässerungssystem unter Ausnutzung des Gefälles zugegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Konditionierungsmittel Polyasparaginsäure allein oder im Gemisch mit weiteren Konditionierungsmitteln zugegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Konditionierungsmittel Polyasparaginsäure im Gemisch mit N-haltigen Phosphonaten, insbesondere Aminoalkylenphosphonsäuren, Phosphonocarbonsäuren, Bernsteinsäureamid, Polysacchariden, Polyoxycarbonsäuren und Copolymeren davon, Proteinen und/oder Silicaten in unterschiedlichen Mengenanteilen verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Konditionierungsmittel Polyasparaginsäure im Gemisch mit Polyacrylaten, Polymethacrylaten, Polyacrylamiden, Copolymeren von Acrylsäure bzw. Methacrylsäure und Acrylamid, sulfomethylierten oder sulfoethylierten Polyacrylamiden und Copolymeren bzw. Terpolymeren mit Acrylsäure und Maleinsäureestern, Maleinsäureanhydrid-Polymeren und -Copolymeren, oder oxydierten Kohlenhydraten in unterschiedlichen Mengenanteilen verwendet wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass dem Sicker- oder Grundwasser weitere Zusätze zugegeben werden.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Konditionierungsmittel in Mengen von 0,25–50 g/m<sup>3</sup> Sicker- oder Grundwasser dem primären und/oder sekundären Bauwerksentwässerungssystem zugegeben wird.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Konditionierungsmittel in wässriger Form mittels einer Dosieranlage oder eines Verteilsystems oder in fester Form mittels Depotsteinen dem primären und/oder sekundären Bauwerksentwässerungssystem zugegeben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Konditionierungsmittels mittels einer Dosieranlage über eine Einspeisleitung in das primäre und/oder sekundäre Entwässerungssystem erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Konditionierungsmittels mittels eines Verteilsystems mit einzelnen Dosierleitungen mit mehreren Zugabeöffnungen, die gegebenenfalls mit Dosierventilen ausgestattet sind, in das primäre und/oder sekundäre Bauwerksentwässerungssystem erfolgt.

5 11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Konditionierungsmittels unter Verwendung von Depotsteinen, die das Konditionierungsmittel in fester Form, gegebenenfalls im Gemisch mit einer Trägersubstanz, enthalten, in das primäre und/oder sekundäre Bauwerksentwässerungssystem erfolgt.

10 12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass Depotsteine verwendet werden, die fest mit Drainagevliesen, Noppenfolien, Kunststoffdichtungsbahnen oder Halbschalen zur Wasserableitung verbunden und in das Bauwerk eingebaut sind.

13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Depotsteine verwendet werden, die Laurinsäure als Trägersubstanz in unterschiedlichen Mengenanteilen enthalten.

15 14. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabemenge des Konditionierungsmittels in Abhängigkeit von der am Ende des Entwässerungssystems anfallenden Wassermenge gesteuert wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

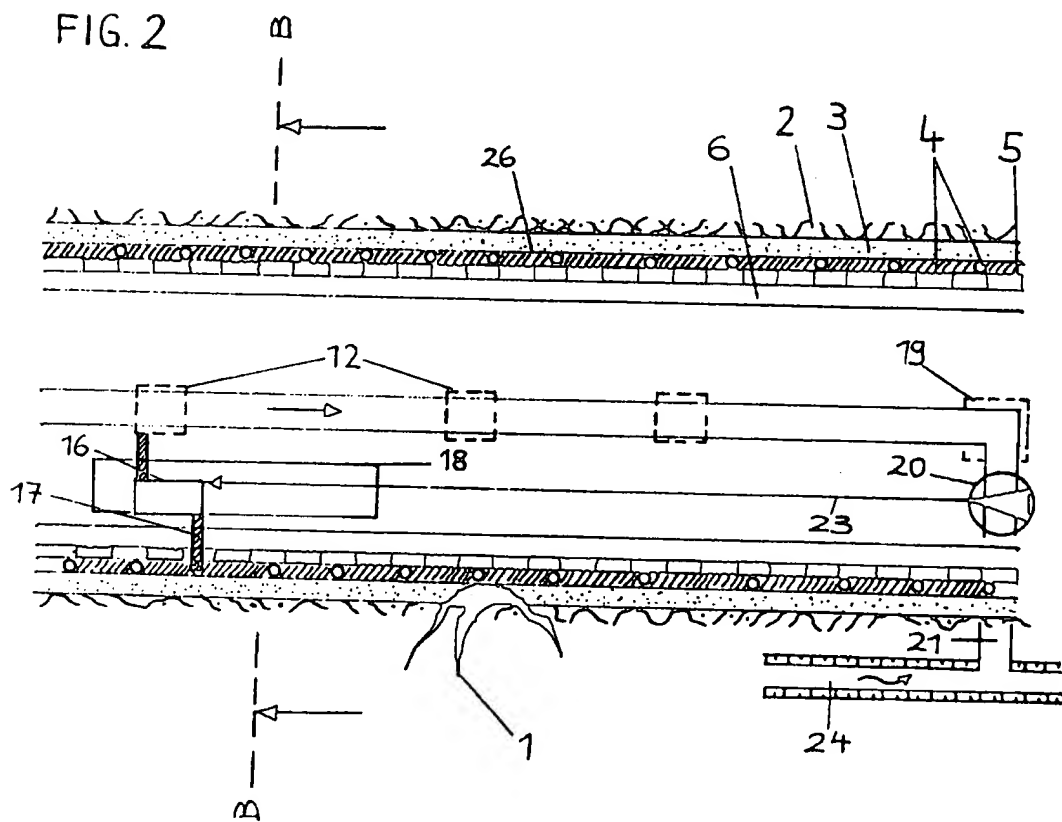
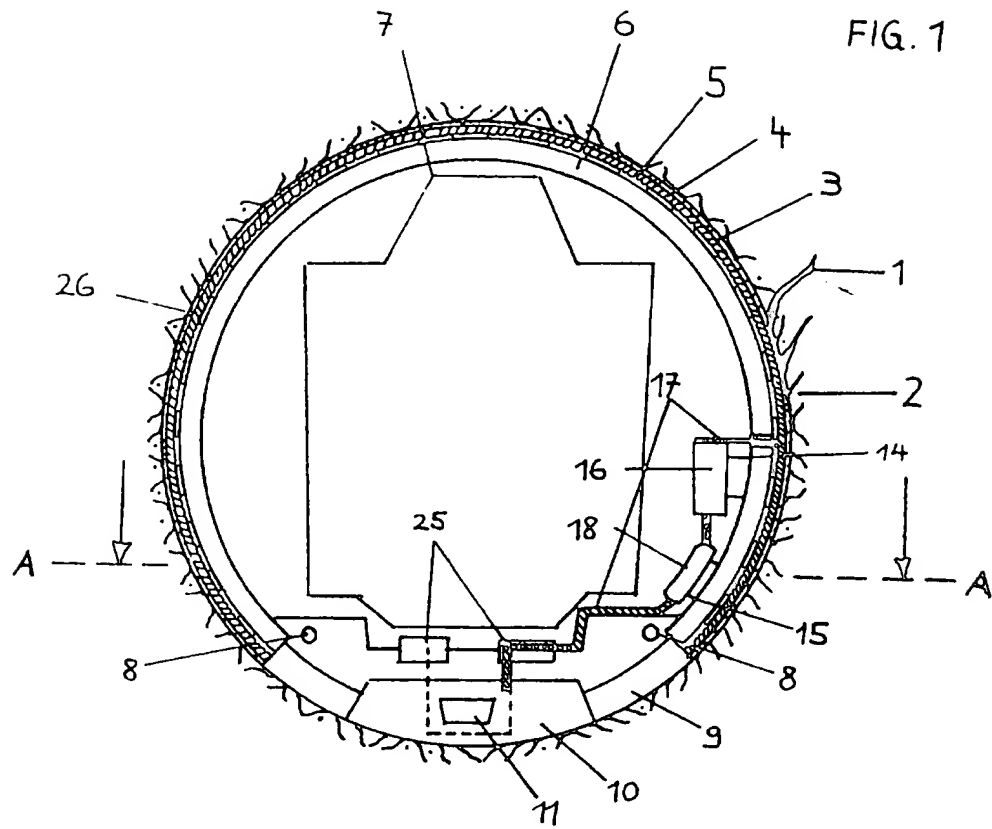


FIG. 3

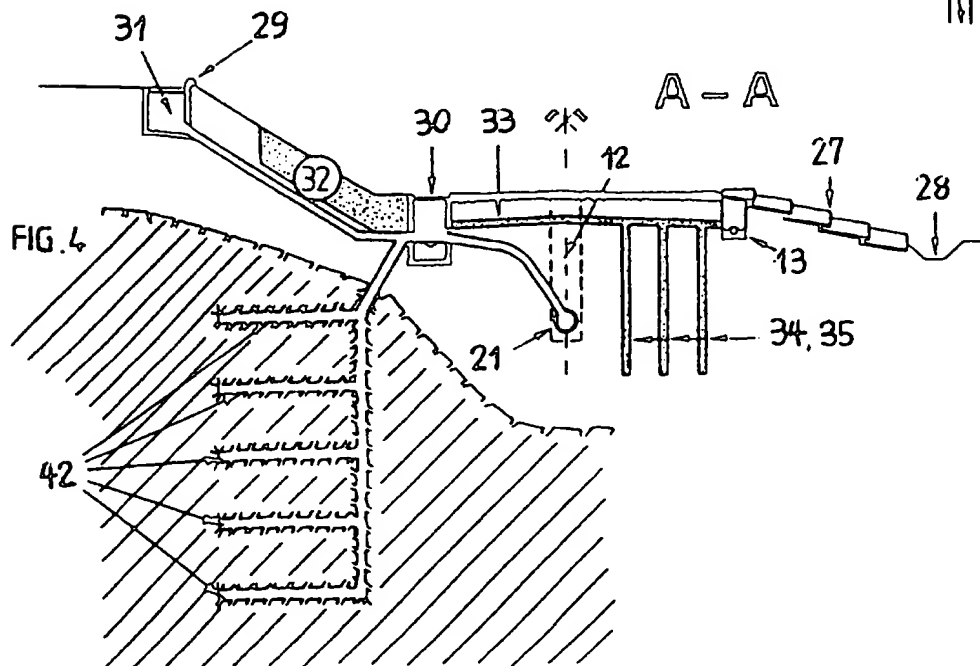
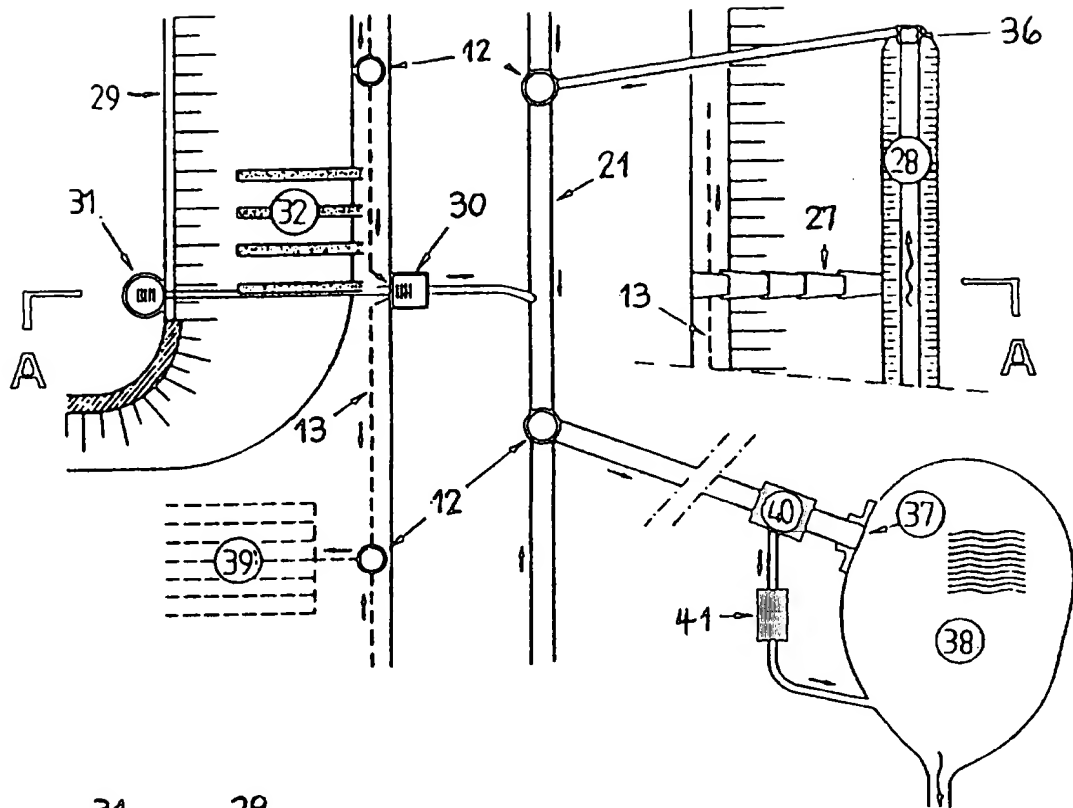


FIG. 5

